

Bitkisel Yağların Ahşap Koruyucu Bir Madde Olarak Kullanılabilirliği

Eylem DİZMAN TOMAK, Ümit Cafer YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Eser Bilgisi:

Derleme

Sorumlu yazar: Eylem DİZMAN TOMAK, e-mail:eylemdizman@yahoo.com

ÖZET

Zehirli bileşenlerinden dolayı yaygın olarak kullanılan ahşap koruyucu maddelere karşı artan çevresel baskılar ve yasaklar, çevre dostu emprenye maddelerinin kullanımını ve bu maddelerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bileşimlerinde herhangi bir zehirli kimyasal madde bulundurmeyen bitkisel yağlar, odun hücrelerinde hidrofobik bir tabaka oluşturması ve su alımını azaltması nedeniyle ahşabı koruma amaçlı bir emprenye maddesi olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak, bazı durumlarda odunda mekanik bariyer etkisi oluşturan bitkisel yağ muamelesi, mantar çürüklüğüne, termit saldırılarına ve yanmaya karşı tam anlamıyla bir koruma sağlayamamaktadır. Ayrıca odunda iyi bir etkinlik için ihtiyaç duyulan yüksek miktardaki yağ retensiyonu, işlemi ekonomik kılmamaktadır. Bu durum çeşitli biyositlerin yağlarla birlikte kullanımı ve modifiye edilmiş yağların kullanılması ile bertaraf edilebilir. Bu çalışmada, çevre dostu ve biyolojik yollarla bozunabilen su itici maddelerden biri olan bitkisel yağlar, alternatif bir emprenye maddesi olarak incelenmiş ve yağların kullanımında karşılaşılan sorunlar ile çözüm önerileri tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık yağ, bitkisel yağlar, biyolojik dayanım, retensiyon, su iticilik

Applicability of Vegetable Oils as a Wood Preservative

Article Info:

Review

Corresponding author: Eylem DİZMAN TOMAK, e-mail:eylemdizman@yahoo.com

ABSTRACT

Conventional heavy duty wood preservatives have been banned or restricted for some applications due to their mammalian toxicity and their adverse effect on the environment. New, eco-friendly, but nevertheless still effective protection systems, is needed to protect wood in outdoors. Non-toxic vegetable oils can form of a protective layer on the surface of the wood cells which decrease water uptake of wood. For that reason, oils have a good potential as being a wood preservative. However, impregnation with vegetable oils is insufficient to impart adequate biological decay and termite resistance, and indeed the treatment may increase wood's propensity to burn. In addition, a high level of oil absorption required for good protection make the process impractical and uneconomic to use. The efficiency of the treatment can be improved with using the biocides and oils together. Beside this, usage of modified oils can decrease the retention levels in wood. In this study, applicability of vegetable oils being one of the environment-friendly, biodegradable water repellents on wood treatments was reported. Furthermore, problems related to the use of oils for wood protection, and possible solutions for the problems were discussed.

Key words: Waste oil, vegetable oils, biological resistance, retention, water repellency

GİRİŞ

Klasik odun koruma kavramı, uygun besin ortamını ortadan kaldırmak için biyositler (kreozot, arsenik, çinko, bakır, krom vb. zehirli maddeler) ile odunun emprenye edilmesi esasına dayanmaktadır. Odun degradasyonunun önlenmesi, mikroorganizmaların gelişimi ve büyümesi için gerekli olan sıcaklık, oksijen, rutubet, uygun besin ortamı ve vitamin ya da mineraller gibi temel fizyolojik ihtiyaçların engellenmesi teorisine dayanmaktadır (Koski 2008). Ancak, formülasyonunda arsenik, krom gibi zehirli biyositler bulunduran emprenye maddelerinin odun koruma amaçlı kullanımı haricinde, kullanım ömrünü tamamlayıp atıl hale geldiklerinde ortaya çıkan atık sorunu da artan çevresel baskılara yol açmaktadır (Gezer 2003). 31 Aralık 2003 tarihinden itibaren Amerika'daki Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu (PMRA) tarafından arsenik içeren CCA'nın odun koruma endüstrisindeki kullanımı ve atıl hale gelen CCA'lı malzemenin yeniden değerlendirilmesi yasaklanmıştır. Bu karar Avrupa Birliği Ülkeleri ve Batı Avrupa Odun Koruma Enstitüsü (WEI-IEO) tarafından da kabul edilmiştir (Gezer 2003; EPA 2006). Zehirli emprenye maddelerinin kullanımına ilişkin devam eden baskı ve yasaklar, odun koruma endüstrisini alkalın bakır kuerternar amonyum bileşikleri (ACQ), bakır azol (CBA-A, CA-B) ve bakır-HDO gibi organik ya da inorganik formülasyonlara dayalı odun koruyucu maddeleri kullanmaya ve geliştirmeye zorunlu kılmıştır. Dayanıklılığı sağlayan emprenye sistemleri, hem üretimde hem de kullanımda sürdürülebilir olmalıdır. Ayrıca, kullanım ömrünü tamamlayan emprenyeli malzemelerin içeriğindeki kimyasallar herhangi bir probleme yol

açmadan enerji üretimi için yakılarak bertaraf edilebilir olmalı ya da kompozit malzemelere dönüşüm için ikinci bir lif kaynağı olarak değerlendirilebilir olmalıdır (Koski 2008). Modifikasyon yöntemleri bu açıdan önemli bir yer teşkil etmekte ve önemi günden güne artmaktadır.

Odunun kullanım süresini arttırmak için, onu rutubetli koşullardan korumak ve çalışmasını engellemek gerekmektedir. Birçok yapısal ve kimyasal yöntem bu teoriye dayanmaktadır (Koski, 2008). Rowell ve Banks (1985), bu yöntemleri su iticilik sağlayan, boyutsal kararlılık sağlayan ve hem su iticilik hem de boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler (MMA, PEG ve bütülen oksit muameleleri) şeklinde üç öbekte toplamıştır.

Su iticilik bir oranı ifade ederken, boyutsal kararlılık bir denge durumunu nitelemektedir. Boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler odunda rutubet hareketi dolayısıyla oluşan genişleme ve daralmayı azaltmaya yönelik ve daha ziyade kimyasal yönden etkili yöntemlerdir (Rowell ve Banks, 1985). Kimyasal modifikasyon yöntemleri bu konuda belki de en etkili çözümü sağlamaktadır. Kimyasal modifikasyon, hücre çeper bileşenleri ile katalizörlü ya da katalizörsüz bir kimyasal madde arasında kararlı bir kovalent bağın olduğu kimyasal reaksiyonu ifade etmekte (Rowell ve ark. 1988) ve odunda boyutsal kararlılığı, biyolojik dayanım ile akustik özellikleri arttırmayı, denge rutubet miktarını azaltmayı, dış hava koşullarına karşı dayanımı iyileştirmeyi hedeflemektedir (Suttie ve Thompson 2001). Ancak bu yöntemlerde asit ya da baz esaslı kimyasal maddeler kullanıldığı için odunda bir miktar yıkımlanma meydana gelmektedir. Odun modifikasyonunda pek çok kimyasal madde/teknik kullanılmıştır (kimyasal

çapraz bağlanma sağlayan maddeler, asetillendirme, furfurulasyon, silikon bileşikler, ısıtma işlemi, vb). Ancak, en çok araştırılan ve özellikle Avrupa'da endüstrileşen kimyasal modifikasyon yöntemleri asetillendirme, furfurulasyon ve ısıtma işlemi olmuştur (Hill 2006).

Su iticilik sağlayan muameleler ise, odunun su alımını kontrol etmeye veya önlemeye yöneliktir. Odunda su itici bir bariyer oluşturularak, su alma oranı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Kullanılan maddelere ve miktarlarına bağlı olarak, su itici maddeler hücre boşluklarını doldurmada, dış yüzeylerde ve kısmi olarak iç yüzeylerde depolanmaktadır. Böylece odun yüzeyi hidrofobik özellik göstermekte ve su alma oranı azaltılmaktadır (Koski 2008). Su itici maddeler ile emprenye edilen örnekler, su ile temas maruz kaldıklarında zamanla muamele edilmemiş odun gibi su alıp şişmektedir. Ancak, normal oduna göre genişleme süresi 5-6 defa daha uzamaktadır (Yıldız 1988). Sıvı fazda su içeren sistemlerde, temas açısının (θ°) 90° 'den küçük olduğu yüzeyler hidrofilik (suyu seven), buna karşılık bu açının 90° 'den büyük olduğu yüzeyler hidrofobik (suyu sevmeyen) veya su itici olarak ifade edilir (Rowell ve Banks 1985). Her ne kadar su itici maddeler tam anlamıyla su alımını azaltmasa da, odunun dış hava koşullarında kullanılmasında en etkili maddelerden biridir. Su itici maddeler, odunda mantar ve mikroorganizmaların gelişimi için ihtiyaç duyduğu rutubet miktarını düşürerek, mantarlara ve renklemelere karşı odunu korurlar (Williams ve Feist 1999). Su itici maddelerin odun içindeki derin nüfuzu daha uzun ve etkili bir koruma sağlamaktadır. Vaks, yağ, doğal veya sentetik reçineler gibi su itici maddeler odunda genellikle kimyasal bir bağ

oluşturmamaktadır. Hücre çeperi ile bağ oluşmuşsa bile bunlar zayıf Van der Waals bağlarıdır. Bu maddeler genellikle daldırma veya vakumlu emprenye ile oduna kolaylıkla uygulanabilmektedir. Su itici etkinlikte zamanla meydana gelen azalmaların nedeni, hücre çeperinde depolanan kimyasallar arasındaki Van der Waals bağlarının zamanla zayıflaması ve bunun yerine daha güçlü odun-su hidrojen bağlarının oluşması ve odun yüzeyinde oluşan yıkılamadır (Koski 2008). Odun koruma alanında yaygın olarak kullanılan fungisit maddeler ile su itici maddelerin birleştirilmesi sonucunda boyutsal kararlılığa sahip ve biyolojik organizmalar ile çatlamalara karşı dayanıklı ürünler elde edilebilir (Archer ve Cui 1997). Özellikle son yıllarda yağlar ile birlikte biyosit kullanımı üzerine yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Palanti ve Susco 2004; Venmalar ve Nagaveni 2005; Lyon ve ark. 2007; Temiz ve ark. 2006; 2008a, b; Mourant ve ark. 2008; Podgorski ve ark. 2008; Palanti ve ark. 2011; Tomak 2011). Royal sisteminde odunun suda çözünen bir emprenye maddesi ile emprenye işlemini takiben yağın kullanıldığı ikinci bir emprenye işlemi yapılmaktadır (Treu ve ark. 2001). Bu şekildeki bir sistemde daha dayanıklı ürünler elde etmenin yanı sıra zehirli maddelerin çevreye yıkanmasının azaltılması da sağlanabilmektedir (Treu ve ark. 2004).

Çevre Dostu ve Biyolojik Olarak Bozunabilen Su İtici Maddeler

Birçok su itici madde klasik odun koruyucu maddeler gibi, çevreye karşı zararlı etki göstermektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi son yıllarda artan çevresel baskılar, yenilenebilir kaynaklar ile çevre dostu ve atıl hale geldiklerinde biyolojik olarak bozunabilir kimyasalların

kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu maddelerin kullanılmasıyla mantar ve termit saldırılarına karşı biyolojik dayanımın sağlandığı ve odunun su almasının önemli ölçüde azaltıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bunlar genel olarak doğal yağların (Sailer ve ark. 1998; Venmalar ve Nagaveni 2005; Wang ve Cooper 2005a; Nakayama ve Osbrink 2010); yağ esansının (Voda ve ark. 2003; Kartal ve ark. 2006; Yang ve Clausen 2007; Li ve ark. 2008); vaksların (Lesar ve ark. 2011; Scholz ve ark. 2010; Palanti ve ark. 2011); silikonların (Schulte ve ark. 2004; Donath ve ark. 2007; Temiz ve ark. 2008a); doğal reçinenin (Voulgaridis 1988; Van Acker ve ark. 1999; Schultz ve ark. 2007; Rassam ve Jamnani 2009); ağaç ve bitki ekstraktiflerinin ve reçine asitlerinin (Maoz ve ark. 2007; Freeman ve ark. 2007; Dahlen ve ark. 2008; Singh ve Singh 2010) kullanıldığı çalışmalardır. Biyolojik olarak bozunabilen maddeler genellikle çevre dostu olarak kabul edilen ve doğal süreçlerde (bakteri, mantar ya da diğer basit organizmalarla) parçalanabilen maddelerdir. Ancak, biyolojik olarak bozunabilen her madde de çevre dostu olarak kabul edilmemelidir. Örneğin zehirli bir madde olarak bilinen dikloro difenol trikloreten (DDT), biyolojik olarak bozunabilmektedir ancak bu bozunma hızı çok yavaş olmakta ve 1,1-diklor-2,2-bis(*p*-klorfenil)etan (DDD) ve 1,1-diklor-2,2-bis(*p*-klorfenil)etilen (DDE) gibi DDT'den daha zehirli olan ürünlere dönüşmektedir. Doğal yağların ve reçinelerin odunda su alımını azaltıcı etkinlik gösterdiği ve rutubeti %20'lerin altında tuttuğu böylece biyolojik dayanım sağladığı belirlenmiştir. Bu açıdan doğal yağlar ve reçineler odun koruma alanında umut verici maddeler olarak değerlendirilmektedir (Koski 2008).

Doğal yağlar kuruyan, yarı-kuruyan ve kurumayan yağlar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Bezir yağı gibi kuruyan yağlar hava ile elastik bir film tabakası oluşturmakta; tall yağı gibi yarı-kuruyan yağlar, kuruyan yağlara göre daha yavaş okside olmakta ve polimerleşmekte, ancak yağ yapışkan bir hal almaktadır. Kurumayan yağlar ise film tabakası oluşturmamaktadır. Yağın doymuşluk derecesi onun kuruma karakteri hakkında bilgi vermekte ve bu iyot sayısı ile belirlenmektedir. İyot sayısı bir yağdaki çifte bağların doyurulması için gereken iyot miktarıdır (I_2 g/100 g yağ). Yüksek iyot sayısı (>140) kuruyan yağları, düşük iyot sayısı ise (<125) kurumayan yağları, bu iki değer arasındaki iyot sayısı ise yarı-kuruyan yağları temsil etmektedir (Koski 2008). Doymamış yağlar atmosferik oksijen altında okside olabilmekte ve odun yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturabilmektedir (Hyvönen ve ark. 2007a; Temiz ve ark. 2008a). Ancak, yağların odunun doğrudan toprakla ya da su ile temas ettiği kullanım yerlerinde (tehlike sınıfı 4), odun koruma endüstrisinde kullanılan geleneksel emprenye maddeleri kadar iyi bir koruma sağlayamadıkları da belirtilmektedir (Koski 2008).

Yağların Ahşap Koruyucu Madde Olarak Kullanılabilirliği

Yağlar ile emprenye edilen odunda kapiler su alımı azaltılmakta, odun yüzeyine hidrofobik özellik kazandırılmaktadır. Bu da ortalama rutubet miktarını düşürmekte ve odunun ıslanması/rutubet alması için gereken zamanı uzatmaktadır. Böylece mantar saldırıları yavaşlatılmaktadır (Koski 2008). Tablo 1'den de görüleceği üzere odun koruma amaçlı uygulamalarda en yaygın kullanılan ve çalışılan yağlar, bezir yağı ile kâğıt fabrikası atıklarından tall yağı olmuştur.

Tablo 1. Yağların ahşap koruyucu bir madde olarak değerlendirildiği bazı çalışmalar

Yağ Çeşidi	Emprenye Edilen Odundaki Bulgular	Kaynak
Kenevir ve bezir yağı	Sarıçamda %100, kayında %40-50 ağırlık artışı, %25'den daha az rutubet miktarı	Sailer ve ark. (1998)
Kenevir yağı	%75 (aseton çözücü) yağ çözeltisi ile sarıçamda 447 kg/m ³ , kayında 285 kg/m ³ retensiyon, %25 yağ çözeltisi ile sarıçamda 145 kg/m ³ , kayında 116 kg/m ³ retensiyon	Van Acker ve ark. (1999)
Bezir yağı	397 kg/m ³ retensiyon	Ritschkoff ve ark. (1999)
Bezir yağı	Ladin ve sarıçamda %50-70 ağırlık artışı	Sailer ve ark. (2000)
Bezir yağı	Sarıçamda %105 ağırlık artışı ile 1.01g/cm ³ yoğunluk, %25 ağırlık artışında mekanik dirençte hafif artış, %75 ve %105 ağırlık artışında mekanik dirençte azalma	Olsson ve ark. (2001)
Bezir yağı, odun yağı, h.cevizi yağı ve 3 tip tall yağı	96 saatlik su alma deneylerinde örneklerde %66-89 su itici etkinlik (SİE) değerleri, %20 su alma oranı (SAO) değerleri	Van Eecke ve ark. (2001)
Portakal, soya, kanola, fındık ve 2 çeşit tall yağı	2 hafta sonrasında belirtilen yağlar ile sırasıyla %7, %80, %80, %80, %66 ve %67 oranında su itici etkinlik	Treu ve ark. (2001)
Kanola yağı	Sarıçamda başlangıç değerinin 2 katına çıkan yoğunluk, Termitlere karşı iyi bir biyolojik dayanım	Smith ve ark. (2003)
4 çeşit tall yağı	Sarıçamda 200 kg/m ³ retensiyon değeri, Mantar çürüklük testinde %3'den fazla ağırlık kayıpları	Alfredsen ve ark. (2004)
Soya yağı, palm yağı ve vaks	Ladinin DRM'da %30-50 oranında azalma, %20-40 su alma oranı değerleri, %40'lık daralmayı önleyici etkinlik (DÖE)	Wang ve Cooper (2005a,b)
Kanola yağı	Sarıçamda başlangıç değerinin 2 katına çıkan yoğunluk, %50 oranında azaltılan rutubet miktarı, Termitlere karşı iyi bir biyolojik dayanım	Nunes ve ark. (2006)
Bezir ve kanola yağı	Korsika çamının test örneklerinde <i>C. puteana</i> mantarı saldırısı ile ağırlık kayıpları yaklaşık %8, kontrol örneklerinde yaklaşık %30	Spear ve ark. (2006)
Bezir yağı	Odundaki rutubetin %150 bulunması %30 rutubete göre yağ alımını 6 kez daha arttırmıştır	Ulvcrone ve ark. (2006)
Borik asit+bezir yağı	264 saat su içinde bekletilen örneklerde %13-20 SAO, kontrolde %87 SAO değerleri	Temiz ve ark. (2006)
Soya yağı ve vaks	Yanmaya karşı dirençte azalma	Wang ve Cooper (2007)
Borik asit+bezir, soya ve kanola yağı	Yıkama deneyi sonrasında odunda başlangıç bor miktarının %17-34'ü kalmıştır	Lyon ve ark. (2007)
Biyosit+bezir yağı	Alev kaynaklı yanma testinde "E" sınıfında yer alma ve odundaki yanma izinin yayılması < 15 cm	Podgorski ve ark. (2008)
PBA, formik asit, BA, mandalik asit+bezir yağı veya tall yağı	Sarıçam odununda retensiyon artışı ile SAO azalışı arasında ($r^2=0.768$ ve $r^2=0.99$) doğrusal, DÖE artışı arasında ($r^2=0.269$) düşük bir ilişki, Bor+yağ ile emprenye edilen örneklerde %40-53 SAO, %19-51 DÖE; sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde %43 SAO ve %6 DÖE	Temiz ve ark. (2008a)
Borik asit+tall yağı	Yağ ile emprenye edilen yıkanmış örneklerde mantar çürüklük testinde %6-24; BA+tall yağı ile emprenye edilen örneklerde %3'den daha az ağırlık kaybı	Temiz ve ark. (2008b)
Piroliz yağı	Sarıçamda dolu hücre yönteminde 800 kg/m ³ retensiyon, boş hücre yönteminde 300 kg/m ³ retensiyon, %60-90 oranında DÖE değeri	Temiz ve ark. (2008c)
Bor+pirolitik yağ	Çamda bor yıkanması %66, kayında ise %35'dir.	Mourant ve ark. (2009)
Bezir yağı	Retensiyon artışı ile SAO azalışı arasında doğrusal ($r^2=0.93$) bir ilişki, <i>P. placenta</i> ve <i>T. versicolor</i> saldırısı ile oluşan ağırlık kaybı değerleri ile retensiyon değerleri arasında ($r^2=0.85$ ve $r^2=0.60$) önemli bir korelasyon	Panov ve ark. (2010)
Fındık yağı	%27 ve üstü konsantrasyonda formosan termitlerine karşı etkinlik	Nakayama ve Osbrink (2010)
Bezir yağı	Kavakta %80-106 ağırlık artışı, %4-4.5 rutubet miktarı ile kontrole göre %25-33 azalma, Kontrole kıyasla %75 oranında su alma oranı azalması	Bazyar ve ark. (2010)

Tall yağı ile emprenye edilen odunun 5 yıllık arazi testleri sonrasında dayanımı CCA ya da kreozota eşdeğer bulunmuştur (Jermer ve ark. 1987). Bunun yanı sıra palm, fındık, mısır, soya, kanola, ayçiçeği, koko ve hindistancevizi gibi bitkisel yağların kullanıldığı ve su itici etkinliğin sağlandığı çalışmalar da rapor edilmiştir (Ulvrona 2006; Temiz ve ark. 2008a; Tomak 2011). Bitkisel yağlar, çevreye karşı zehirli etkilerinin olmaması, dünya genelinde geniş boyutlarda üretilebilir ve kısmen ekonomik olması gibi yararları sahiptir (Temiz ve ark. 2008a; Panov ve ark. 2010). Bitkisel yağların yanı sıra kullanılmış kızartmalık atık yağların emprenyesi ile oduna iyi bir su itici etkinlik özelliği kazandırıldığı ve atık yağın potansiyel bir emprenye maddesi olarak değerlendirilebileceği de belirtilmiştir (Tomak 2011). 2007 yılında dünya genelinde toplanan atık yağ miktarı 15 milyon ton olup, bunun 10 milyonu ABD'den toplanmıştır (Cheng ve Timilsina 2010). Türkiye ise yıllık 350.000 ton bitkisel atık yağ potansiyeline sahiptir ancak, 2008 yılında 6.300 ton atık yağ toplanmış olup, 2009 yılında bunun 10.000 ton üzerinde olması öngörülmektedir (URL-1 2011). Böylece tüm dünyada gittikçe artan ve çözülmesi için önemli düzeyde para ve işgücü harcanan atık problemine, yağ atıklarının odun koruma alanında değerlendirilmesi ile bir çözüm önerisi sağlanabileceği belirtilmiştir (Tomak 2011).

Yağlar odunda traheid lümenleri ve özışınlarına yerleşerek su iticilik sağlamaktadırlar (Ulvrona 2006). Bitkisel yağlar odunda herhangi bir kimyasal bağlanma oluşturmaksızın mekanik bir engel görevi oluşturarak odunun su alımını azaltmaktadır (Temiz ve ark. 2008a, c; Panov ve ark. 2010; Tomak 2011). Ancak Wang ve Cooper (2005a)

soya, palm ve vaks ile yağlı ısıtma işlemi tabi tutulan örneklerin azalan rutubet miktarını ve su alma oranını incelemiş, soya yağının odunda bağ yapabileceğini belirtmiştir. Yine Wang ve Cooper (2005b), soya yağının odunla oluşturabileceği olası bir bağlanmayı araştırmıştır. Emprenye edilen örneklerin ekstraksiyona tabi tutulduktan sonra, odunla bağ yapabildiğini ve düşük çözünürlük özelliği sergilediğini bulmuşlardır. Dolayısı ile yağ işlemlerinin etkinliği, yağın özelliklerine, absorbe edilen yağ miktarına, yağın odundan yıkanmasına ve emprenye yönteminin süre ve sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Wang ve Cooper 2005a; Temiz ve ark. 2008a).

Yağlar genellikle daldırma veya vakumlu emprenye ile oduna kolaylıkla uygulanabilmektedir. Odun koruma yöntemleri arasında klasik adıyla bilinen sıcak-soğuk kazan tank yöntemi ya da son yıllarda CIRAD ve FCBA tarafından geliştirilen ve "ısıtma biyo-yag yöntemi (bio-oleotermal process)" olarak isimlendirilen sıcak yağ muamelesi tekniğinde, küçük odun örneklerinin yağı iyi ve yeknesak bir şekilde absorbe etmesinin (Lyon ve ark. 2007; Podgorski ve ark. 2008) yanı sıra taze haldeki kütüklerin de yağ ile iyi bir emprenyesi sağlanabilmektedir. Yöntemde taze haldeki kütükler ya da odun örnekleri önce 110-210°C'deki sıcak yağın içine kısa süreliğine batırılmakta; hemen ardından örnekler içinde 10-90°C'de yağ bulunduran ikinci tanka aktarılmaktadır. Burada sıcaklık değişimi yoluyla meydana gelen basınç farklılığından yararlanılarak emprenye maddesinin malzeme içine derin bir şekilde nüfuz etmesi, ekonomik ve uygulaması basit bir yöntem ile sağlanmaktadır (Berard ve ark. 2006).

Yağlarla Emprenye İşleminin Odunun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi

Islanabilirlik deneyleri, saf tall yağı ile emprenye edilen odunun hidrofobik özellik gösterdiğini ortaya koymaktadır (Koski 2008). Odunda kapiler su alımının azaltılmasına yönelik benzer bulgular (Tablo 1), odunun çeşitli bitkisel yağlarla emprenye edildiği çalışmalarda da artan ağırlık artışı ve yoğunluk değerleri ile rapor edilmiştir (Bazyar ve ark. 2010; Tomak 2011). Bezir yağı, odun yağı (kuruyan yağlar), hindistancevizi yağı (doymuş yağ) ve 3 tip tall yağı ile emprenye edilen odun örneklerinde önemli ölçüde azalan rutubet miktarı, düşük su alma oranları ve iyi bir su itici etkinlik performansı Van Ekeveld ve ark. (2011) tarafından araştırılmıştır. Kuruyan yağlar, kuruma özellikleri nedeniyle odunda suyun girişini engelleyen bir bariyer oluşturmuş, katı yağlar ise odundaki boşlukları doldurmaları nedeniyle etkinlik sağlamıştır. Yine Temiz ve ark. (2008c), piroliz yağı ile muamele edilen odunun, bezir yağı, tall yağı, kanola yağı gibi diğer yağların etkinliğine benzer şekilde su alımını azalttığını ve mekanik bir engel oluşturarak suyun odun içine girişini engellediğini rapor etmiştir. Panov ve ark. (2010), odun tarafından absorbe edilen yağ miktarı artışı ile azalan su alma oranı arasında ($r^2=0,93$) önemli bir korelasyon olduğunu, ancak odun tarafından absorbe edilen yağ ile daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) arasında bir korelasyon olmadığını bunun da bezir yağının, mekanik olarak hücre boşluklarına suyun girişini engellediğinden ve odun hücre çeperi bileşenleri ile bir bağ oluşturmamasından dolayı olduğunu bildirmiştir. Bitkisel yağ muamelesinin etkinliği için odunda yüksek miktarda yağ retensiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır (Temiz ve ark. 2008a). Ancak bazı durumlarda odunda yüksek yağ

yüklemesi mekanik dirençte azalmalara neden olmaktadır. Nitekim Olsson ve ark. (2001), sarıçam odununu bezir yağı ile %25, %75 ve %105 ağırlık artışı verecek şekilde emprenye etmiş; %25 ağırlık artışında, mekanik direnç özelliklerinde azalmalar olmadığını tersine çok az artış olduğunu; bunun da traheid lümenlerine yerleşen yağın hidrolitik direnci nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. %75 ve %105 ağırlık artışı değerlerinde mekanik dirençte azalmalar olduğu ve mikro yapısal değişmelerin meydana geldiği belirtilmiştir. Bu yüklemelerde traheid hücre çeperinde çatlaklar olduğu gözlenmiştir. Bunun da nedeni hücre çeperine uygulanan mekanik yağ yüklemesi ile hücre çeperinde iç basıncın artmasıdır. Bu basınç hücre çeper tabakalarında mikro çatlaklara neden olmaktadır. S1 tabakasındaki mikro çatlaklar dirençte azalmalarına sebebiyet vermektedir. Bitkisel yağlarla emprenye edilen odunun liflere paralel basınç direncinde bir miktar azalmalar Tomak (2011) tarafından da rapor edilmiştir.

Yağlarla Emprenye İşleminin Odunun Biyolojik Özelliklerine Etkisi

Yağların odundaki biyolojik etkinliği, hücre boşluklarının doldurulması ve mantar enzimlerinin katalitik hareketini engelleyen su itici maddeler gibi rol oynayarak fiziksel bir koruma sağlaması temel mantığına dayanmaktadır (Temiz ve ark. 2008a, b). Sailer ve ark. (1998), kenevir ve bezir yağı ile, Pajaanen ve Ritschkoff (2002) tall, bezir ve kanola yağı ile, Alfredsen ve ark. (2004), 4 farklı bileşime sahip tall yağı ile emprenye edilen odun örneklerinde mantarların tam olarak büyümesinin ve gelişiminin engellenemediğini ancak, odunda kontrol örneklerine kıyasla azalan ağırlık kaybının, odunun su almasının önemli ölçüde

azaltılmasına, odunun hidrofobikliğinin artırılmasına ve yüzeydeki yağsı tabaka nedeniyle mantar kolonizasyonunun odunda daha zor olmasına atfetmişlerdir. Ritschkoff ve ark. (1999), bitkisel yağların odundaki enzimatik hidrolizi önemli ölçüde engellemediğini, mantar saldırılarına neden olan şeker (glikoz, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve mannoz) ayrılmasının reçine işlemlerine göre daha yüksek seviyede kaldığını bulmuşlardır. Temiz ve ark. (2008b) sadece tall yağı ile emprenye edilen örneklerde yüksek ağırlık kayıpları bulunmuştur. Smith ve ark. (2003), kanola yağı ile emprenye edilen örneklerin sadece ısıtılmış örneklerle kıyasla termitlere karşı daha iyi bir dayanım sağladığını ifade etmiştir. Nunes ve ark. (2006), yine kanola yağı ile emprenye ettikleri odunun termitlere karşı etkinliğinin, yağın zehirliliğinden kaynaklanmadığını, bunun odundaki rutubet miktarının düşmesi ile ilgili olabileceğini belirtmiştir.

Çalışmalardan da görüleceği üzere bileşimlerinde zehirli kimyasal madde bulundurmayan ve odunda mekanik bir bariyer oluşturan bitkisel yağ muamelesi mantar çürüklüğü ile termit saldırılarına (Lyon ve ark. 2007; Temiz ve ark. 2008a, b; Tomak 2011) ve yanmaya karşı (Podgorski ve ark. 2008) tam anlamıyla koruma sağlayamamaktadır. Borlu bileşikler ya da çeşitli biyositlerin bitkisel yağlarla birleşimi ile çürüklüğe ve yanmaya karşı dayanım artırılabilir; dahası bitkisel yağlar odunun su alımını azaltarak biyositlerin odun içinde kalmasını ve böylece biyositlerin odundan yıkanmasının azaltılmasını sağlayabilir. Bu yaklaşımın potansiyel sinerjik etkileri borik asit ve çeşitli biyositler ile tall yağı türevleri, piroliz yağı, tesbih ağacı yağı, bezir yağı, mısır yağı, fındık yağı, soya yağı, kanola yağı ve atık yağ ile gerçekleştirilen

çalışmalarda rapor edilmiştir (Schulte ve ark. 2004; Venmalar ve Nagaveni 2005; Lyon ve ark. 2007; Temiz ve ark. 2006, 2008a, b; Podgorski ve ark. 2008; Mourant ve ark. 2009; Tomak 2011). Palanti ve Susco (2004) ve Palanti ve ark. (2011), bitkisel-mineral yağ ve propikanazol/tebukonazol karışımı ile emprenye edilen odunun biyolojik dayanımını araştırmışlar ve mantar çürüklüğüne karşı yağ için eşik değerin 500 kg/m^3 'den daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Bitkisel-mineral yağ + propikanazol/tebukonazol karışımı ile vaks muamelesi örneklerin arazi testlerinde de (ENV 12037 ve EN 252) dayanımını arttırmış ve dayanıklılık bakır bazlı klasik emprenye maddeleri ile kıyaslanabilir düzeyde çıkmıştır. Fipronil ve TMB katkılı bezir yağı ile emprenye edilen örnekler 4 yıllık arazi testlerinde mantar ve termit saldırılarına karşı odunu iyi bir şekilde korumuş ve bunların tehlike sınıfı 3 ve 4 olan yerlerde kullanılması önerilmiştir. Bezir yağı örneklerde bir film tabakası oluşturarak tropik arazi koşullarında biyolojik bozunmalara karşı koruma sağlamıştır (Ahmed ve ark. 2008).

Bitkisel yağlar ile gerçekleştirilen bu çalışmaların yanı sıra yağ karakterli bir emprenye maddesi olan kreozot ile suda çözünen emprenye maddelerinin kullanıldığı ve "zarf muamelesi" adı altında gerçekleştirilen çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalar daha çok ılık ve rutubetli koşullarda kullanılan ve kullanım ömürleri oldukça kısa olan demiryolu traverslerinde geniş oranda özodun içeren ağaç türleri ile zor emprenye edilen ağaç türlerinin kullanımı açısından daha önemlidir. Çünkü çoğu halde bu türler koruma için gereken miktardan daha düşük kreozot retensiyon değerleri vermektedirler. Bu etmenler göz önüne alındığında, hava kurusu haldeki ağaç malzemenin birinci

aşamada özodun dahil borlu bileşikler (%30 BAE, DOT) ile derin bir biçimde emprenye edilmesi ve ardından difüzyon için bekletilmesi, ikinci aşamada tekrar hava kurusu hale getirilmesi ve ardından kreozot ile ikinci bir emprenye işlemine tabi tutulmasıyla özellikle yumuşak çürüklüğe karşı dayanım özellikleri önemli ölçüde artırılabilenmekte, diğer yandan kreozot retensiyonu ve bor yıkanması azaltılabilmektedir. Bu şekilde emprenye edilen ve 15 yıl boyunca toprakla temas halinde kullanılan traverslerde, bor yıkanmasının az olduğu ve odun tahripçisi mantarların saldırılarına karşı halen yeteri kadar bor bulunduğu ve örneklerde herhangi bir mantar tahribatı olmadığı, kimyasalların korozyona neden olmadığı ve elektronik sinyalizasyon sistemlerinde bir sorun yaratmadığı bulunmuştur (Amburgey ve ark. 2003; Gauntt ve Amburgey 2005). Kakaras ve ark. (2002), bakır/krom/bor (CCB) ile emprenye ettikleri odunun toprakla temas eden alt kısmını sıcak soğuk kazan tank yöntemine göre kreozot ile muamele etmişler ve 18 yıl sonra örneklerden yıkanan bor oranının toprakla temas eden kısımlarda %52, orta kısımda %43 olduğunu bulmuşlardır. Bu sonucun, çevre koşullarının yanı sıra kreozot ile ikinci bir işlemden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Mazela (2007) tarafından kreozot + CCB ile emprenye edilen odununun piroliziyle ekstrakte edilen odun katranının, odun koruyucu madde olarak bir potansiyel taşıdığı ve diğer emprenye maddelerinin bileşiminde de kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu konu başlığı altında, yağ karakterli farklı emprenye maddeleri ve çözücü bazlı emprenye maddelerinin birlikte kullanılabilirliğinin inceleneceği çalışmalara gereksinim duyulduğu Obanda ve ark. (2008) tarafından ayrıca rapor edilmiştir.

Yağların Odun Koruma Alanında Kullanılmasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Belirtilen yararlarına rağmen yağların odun koruma endüstrisinde kullanılabilirliğini sınırlandıran sakıncaları da vardır. Bunlardan biri, iyi bir etkinlik için yüksek oranlarda yağa ihtiyaç duyulması, diğeri yağın zamanla odundan dışarıya çıkma (kanama) eğilimidir. Diri odunda tam bir geçme derinliği sağlanması için gereken yağ miktarı çok yüksek olmalıdır. Odundaki yağ miktarı arttıkça, odunun mevcut ağırlığı artmakta, bu da yöntemi pahalı ve pratik uygulamalardan uzak kılmaktadır. Retensiyon değeri arttıkça yağın zamanla geri çıkma eğilimi olmakta ve böylece odun içine oksijen girişi engellenmekte; bu da yağın polimerleşmesini ve oksidasyonunu önlemektedir. Polimerleşmemiş yağ odun yüzeyinde ıslak ve kötü bir görünüme ve zamanla etkinlik kaybına neden olmaktadır (Koski 2008). Daha öncede ifade edildiği gibi, yüksek yağ absorpsiyonu ile odun traheidlerinde yıkımlanmalar olduğu ve böylece mekanik direncin olumsuz yönde etkilendiği rapor edilmiştir (Olsson ve ark. 2001). Ayrıca, yüksek yağ retensiyonu üst yüzey işlemlerini de zorlaştırmaktadır. Van Eckveld ve ark. (2001) yağda çapraz bağlanma oluşturmuş ve böylelikle odunun sürekli ıslatılması ve kurutulması işlemlerinde su itici etkinliğin artırıldığını bulmuştur. Sonuç olarak, uygun muamele yöntemleri ve teknikleri kullanılarak, odun yüzeyindeki yağ miktarının azaltılması ve böylece yağın dışarıya doğru kanamasının ve yağsı yüzey oluşumunun engellenmesi mümkündür. Ancak, bu durumda yöntemle bağlı olarak su itici etkinlikte bir miktar azalmalar gözlenmektedir. Benzer yaklaşımlar, yani yağın kurumasının hızlandırılması için maleik anhidrit ile muamele edilmesi, yağ asitleri sayısının

kontrolü, yağ kurutucu maddelerin katılması, kalsiyum ya da alüminyum sabunları oluşturarak yağın viskozitesinin arttırılması ve kuruyucu/katalizör kullanılarak yağ asitlerinde oksidatif çapraz-bağlanma oluşturulması ile denenmiş ve bu konularda pek çok patent girişimi olmuştur (Koski 2008).

SHR laboratuvarında yürütülen bir projede maleik anhidritle modifiye edilmiş bezir yağı kullanılmıştır (Van Acker 2001). Bu kimyasalın odun modifikasyonu alanında kullanımı DSM Reçine tarafından patent altına alınmıştır (Dekker 2001). Yöntem, oduna yüksek biyolojik dayanım ve yüksek boyutsal kararlılığı, direnç kaybı olmaksızın sağlamaktadır. Sistemin endüstriyel yapılabilirliği ve satışa sunulması planlanmaktadır (Homan ve Jorissen 2004). Menz yöntemlerinde, odunun yağlı ısıl işleminde modifiye edilmiş bezir yağının 180-220°C'de kullanılması ve biyolojik dayanımın arttırılması sağlanmaktadır. Bu işlem ile dirençte yaklaşık %30 civarında azalmalar bulunmuştur. Boyutsal kararlılık ise %40 civarındadır (Treu ve ark. 2001; Homan ve Jorissen 2004). Royal yönteminde, odunun önce bakır içerikli suda çözünen bir emprenye maddesi ile dolu hücre yöntemine göre emprenyesi ardından modifiye edilmiş doğal yağlar ile emprenyesi yapılmaktadır. 65 ay sonrasında odundaki rutubet yaklaşık %60 oranında azaltılmıştır. Bu işlem Avrupa'nın bazı ülkelerinde uygulanmaktadır. Norveç'te 2 tesis, Danimarka'da 1 tesis ve Almanya'da 1 tesis bulunmaktadır (Treu ve ark. 2001). Modifiye edilen bezir yağı reçinesi (UZA) ve kanola yağı birleşimi ile ilgili araştırmalar SHR, BRE, DSM ve UWB ortaklığında Ecotan projesinde incelenmiştir. Bu şekilde bir madde ile emprenye edilen odunun, bahçe

mobilyası, pencere doğramaları, çit direkleri gibi kullanım yerlerinde dayanıklılığının sağlandığı bildirilmiştir. Yöntem şu anda pilot uygulama aşamasındadır (Ecotan Project 2005). Emprenye edilen örnekler maksimum %20 ağırlık artışı verecek şekilde muamele edilmektedir. UZA ile emprenye edilen örneklerin 36 ay süreyle dış koşullarda toprakla temas halinde bırakılmasında ağırlık kayıpları oldukça düşük (< %3) bulunmuştur. Mantar çürüklük testleri ise yine çok başarılı çıkmıştır. Eğilmede elastikiyet modülünde de iyileşmeler gözlenirken, eğilme direncinde yaklaşık %10 civarında azalmalar olmuştur (Tjeersama ve ark. 2005). Panov ve ark. (2010), OsO₄ kullanarak bezir yağını epoksitlendirerek odun hücre çeperi bileşenleri ile bağ yapmasını sağlamış ve 90-200 kg/m³ gibi düşük retensiyon değerlerinde odunun hidrofobikliği arttırılmıştır. Yine Linogard olarak adlandırılan, odun içine penetre olan ve kuruyan bir bezir yağı türevinin Linotech yöntemiyle oduna verildiğinde, odunu hidrofobik hale getirdiği ve su alımını engellediği bildirilmektedir. Yöntem İsveç'te geliştirilmiş ve ürünler pazara sunulmuştur (URL-2 2011). Treu ve ark. (2004), dış hava koşullarına karşı en iyi dayanımın maleiklendirilmiş ve polimerleştirilmiş bezir yağından elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Odundaki çatlamlar ve renklenmeler azaltılmış, ayrıca esmer çürüklük ve mavi renk mantarlarına karşı etkinlik de artmıştır. Özellikle maleiklendirilmiş bezir yağı odun koruyucu emprenye maddesi olarak bir potansiyel taşımaktadır.

Odunun absorbe ettiği yağ miktarını azaltan diğer bir yöntem ise yağ/su emülsiyonlarının kullanımıdır. Çünkü retensiyon değerleri muamele teknikleri (yöntem, süresi, basınç ve sıcaklık) ve sıvı

özellikleri (viskozite, konsantrasyon) ile kontrol edilebilir. Hyvönen ve ark. (2006) kullanılacak yağın seyreltilmesi, yani yağ/su emülsiyon sistemleri kullanarak yapılan emprenye işleminin etkinliğini incelemiştir. Çalışmada retensiyon değerleri yarı yarıya azaltılmış, su itici etkinlik değerleri ham yağ ile emprenye edilen örneklerle hemen hemen eş değerde olmuştur. Ayrıca, emülsiyon sistemi ile odunun yüzeyi düzgün bir görünüm almış, boya ya da vernik gibi üst yüzey işlemlerine uygunluk sağlanmıştır. Hyvönen ve ark. (2007a, b) yine su/yağ emülsiyonu ile oduna verilen yağın odun içinde kurumasını hızlandırmak için metal iyonlarından faydalanmış ve bu amaçla da demir (Fe^{+3}) iyonunu kullanmış ve başarılı sonuçlar rapor etmişlerdir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Herhangi bir zehirli bileşen içermeyen bitkisel ve doğal yağlar ahşabı koruma amaçlı klasik emprenye maddelerine alternatif olabilecektir. Bitkisel atık yağların da odun koruma amaçlı kullanımı bir potansiyel taşımaktadır. Basit batırma ya da sıcak soğuk kazan tank yöntemleriyle odunda başarılı uygulamalar söz konusudur. Ancak yağların tek başına ahşabı mantar ve böcek saldırılarına karşı çoğu kez tam olarak koruyamadıkları belirlenmiştir. Bu durum çeşitli biyositler ile yağların birlikte kullanılmasını gerektirmektedir. Yağ ile muamele yöntemlerinde iyi bir su itici etkinlik ve biyolojik dayanım için, kısacası dış koşullarda iyi bir dayanım elde etmek için yüksek miktarlarda yağ retensiyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da işlemi ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır. Ayrıca absorbe edilen yağ arttıkça, yağın odundan kanama eğilimi de ortaya çıkmaktadır. Özellikle son zamanlarda yağın kanamasını ortadan kaldırmak için

modifiye edilmiş yağların geliştirilmesi ve geliştirilen yağların patent altında tüketiciye ulaşması yönünde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Yine yağ retensiyonunu azaltmak için farklı biyositler içeren mikroemülsiyonların gelecekte önemli bir yer teşkil edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmed BM, French JRJ, Przewloka SR, Vinden P, Hann JA, Blackwell P (2008) Performance of Softwood Preservative Treated Stakes After 4 Years Exposure in-Ground to Decay Fungi and Termites in Tropical Australia. 39. IRG Annual Meeting, Istanbul, IRG-WP 08-10643
- Alfredsen G, Flæte PO, Temiz A, Eikenes M, Militz H (2004) Screening of the Efficacy of Tall Oils Against Wood Decaying Fungi. 35. IRG Annual Meeting, Ljubljana, IRG-WP 04-30354
- Amburgey TL, Watt JL, Sanders MG (2003) Extending the Service Life of Wooden Crossties Using Pre- and Supplemental Preservative Treatments: 15 Year Report. Crossties May/June
- Archer K, Cui F (1997) Evaluating the Performance of Preservative/Water Repellent Emulsion Systems. 28. IRG Annual Meeting, Canada, IRG-WP 97-20127
- Bazyar B, Parsapajouh D, Khademiasalam H (2010) An Investigation on Some Physical Properties of Oil Heat Treated Poplar Wood. 41. IRG Annual Meeting, Biarritz, IRG-WP 10-40509
- Berard P, Laurent T, Dumonceaud O (2006) Use of Round Wood of Chestnut Tree Coppices: Crack Risk and Effects of a Hot Oil Bath

- Treatment. Holz als Roh-und Werkstoff 64: 287-293
- Cheng JJ, Timilsina GR (2010) Advanced Biofuel Technologies, Status and Barriers, the World Bank Development Research Group Environment and Energy Team, Policy Research Working Paper 5411. http://www.Globalbioenergy.Org/Uploads/Media/1009_WB_Advanced_Biofuel_Technologies.Pdf (Son Giriş: 05/09/2010)
- Dahlen J, Nicholas DD, Schultz TP (2008) Water Repellency and Dimensional Stability of Southern Pine Decking Treated with Waterborne Resin Acids. Journal of Wood Chemistry and Technology 28(1): 47-54
- Dekker GH (2001) European Patent, EP 1 174 231 A1. Applicant DSM N.V., Hollanda
- Donath S, Militz H, Mai C (2007) Weathering of Silane Treated Wood. Holz als Roh-und Werkstoff 65: 35-42
- Ecotan Project (2005) Increasing the Durability, Value and Performance of European Timbers by Thermal Treatment with Reactive Vegetable Oils-3rd Report. http://Projects.Bre.Co.Uk/Ecotan/Pdf/ECOTAN_3rdreport_Part1.Pdf (Son Giriş: 05/06/ 2011)
- EPA (2006) US EPA-Pesticides: Reregistration-Chromated Copper Arsenate (CCA). <http://www.Epa.Gov/Oppad001/Reregistration/Cca/>(Son Giriş: 25/01/2010)
- Freeman MH, Obanda DN, Shupe TF (2007) Permethrin: A Critical Review of an Effective Wood Preservative Insecticide. 38. IRG Annual Meeting, Wyoming, IRG-WP 07-30413.
- Gauntt JC, Amburgey TL (2005) Decay in Wood Ties. Problem Solved! The American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA) Manuscript. http://www.arena.org/files/library/2005_Conference_Proceedings/00014.pdf (Son Giriş: 25/02/2011)
- Gezer ED (2003) Kullanım Süresinin Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemelerin Yeniden Değerlendirilmesi Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Hill CAS (2006) Wood Modification Chemical Thermal and Other Processes. John Wiley & Sons Pres, Germany
- Homan WJ, Jorissen AJM (2004) Wood Modification Developments. Heron 49 (4): 361-386
- Hyvönen A, Piltonen P, Niinimäki J (2006) Tall Oil/Water-Emulsions as Water Repellents for Scots Pine Sapwood. Holz als Roh-und Werkstoff 64(1): 68-73
- Hyvönen A, Nelo M, Piltonen P, Hormi O, Niinimäki J (2007a) Using Iron Catalyst to Enhance the Drying Properties of Crude Tall Oil-Based Wood Preservative. Holz als Roh-und Werkstoff 65(2): 105-111
- Hyvönen A, Nelo M, Piltonen P, Niinimäki J (2007b) Using the Emulsion Technique and an Iron Catalyst to Enhance the Wood Protection Properties of Tall Oil. Holz als Roh-und Werkstoff 65(3): 247-249
- Jermier J, Bergman Ö, Nilsson T (1987) Fungus Cellar and Stake Tests with Tall Oil Derivates Progress Report After 5 Years Testing. 18. IRG Annual Meeting, Ontario, IRG-WP 3442
- Kakaras JA, Goroyias GJ, Papadopoulos AN, Hale MD (2002) Observations on the Performance of CCB and Creosote Treated Fence Posts After

- 18 Years of Exposure in Greece. 33. IRG Annual Meeting, Cardiff, IRG-WP 02-30288
- Kartal SN, Hwang WJ, Imamura Y, Sekine Y (2006) Effect of Essential Oil Compounds and Plant Extracts on Decay and Termite Resistance of Wood. *Holz als Roh-und Werkstoff* 64: 455–461
- Koski A (2008) Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection. PhD Thesis, University of Oulu
- Lesar B, Pavlic M, Petric M, Skapin AS, Humar M (2011) Wax Treatment of Wood Slows Photodegradation. *Polymer Degredation and Stability* 96(7): 1271-1278
- Li S, Freitag C, Morrell JJ (2008) Preventing Fungal Attack of Freshly Sawn Lumber Using Cinnamon Extracts. *Forest Products Journal* 58: 77-81
- Lyon F, Thevenon MF, Imamura Y, Gril J, Pizzi A (2007) Development of Boron/Linseed Oil Combined Treatment as A Low-Toxic Wood Protection. Evaluation of Boron Fixation and Resistance to Termites According to Japanese and European Standards, IRG Regional Research Symposium International Union of Forest Research Organizations All Division 5 Conference, Taipei, IRG/WP 07-30448
- Maoz M, Weitz I, Blumenfeld M, Freitag C, Morrell CC (2007) Antifungal Activity of Plant Derived Extracts Against *G. Trabeum*. 38. IRG Annual Meeting, Wyoming, IRG-WP 07-30433
- Mazela B (2007) Fungicidal Value of Wood Tar from Pyrolysis of Treated Wood. *Waste Management* 27(4): 461-465
- Mourant D, Yang DQ, Lu X, Riedl B, Roy C (2008) Mechanical Properties of Wood Treated with PF-Pyrolytic Oil Resins. *Holz als Roh-und Werkstoff* 66:163–171
- Mourant D, Yang DQ, Lu X, Riedl B, Roy C (2009) Copper and Boron Fixation in Wood by Pyrolysis Resins. *Bioresource Technology* 100: 1442-1449
- Nakayama FS, Osbrink WL (2010) Evaluation of Kukui Oil (*Aleurites moluccana*) for Controlling Termites. *Industrial Crops and Products* 31(2): 312- 315
- Nunes L, Nobre T, Welzbacher C, Rapp AO (2006) Termite Response to Oil-Heat-Treated Norway Spruce, Scots Pine and Eucalyptus Wood. 37. IRG Annual Meeting, Tromsø, IRG-WP 06-20325
- Obanda ND, Shupe FT, Barnes MH (2008) Reducing Leaching of Boron Based Wood Preservatives-A Review of Research. *Bioresource Technology* 99:7312–7322
- Olsson T, Megnis M, Varna J, Limdborg H (2001) Measurement of the Uptake of Linseed Oil in Pine by the Use of an X-Ray Microdensitometry Technique. *Journal of Wood Science* 47: 275-281
- Paajanen L, Ritschkoff AC (2002) Effect of Crude Tall Oil, Linseed Oil and Rapeseed Oil on the Growth of the Decay Fungi. 33. IRG Annual Meeting, Cardiff, IRG-WP 02-30299
- Palanti S, Susco D (2004) A New Wood Preservative Based on Heated Oil Treatment Combined with Triazole Fungicides Developed for Above-Ground Conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation* 54 (4): 337-342
- Palanti S, Feci E, Torniai AM (2011) Comparison Based on Field Tests of Three Low-Environmental-Impact Wood Treatments. *International*

- Biodeterioration and Biodegradation 65(3): 547-552
- Panov D, Terziev N, Daniel G (2010) Using Plant Oils as Hydrophobic Substances for Wood Protection. 41. IRG Annual Meeting, Biarritz, IRG-WP 10-30550
- Podgorski L, Bayon IL, Paulmier I, Lanvin JD, Georges V, Grenier D, Baillères H, Méot JM (2008) Bi-Oleo-thermal Treatment of Wood at Atmospheric Pressure: Resistance to Fungi and Insects, Resistance to Weathering and Reaction to Fire Results. 39. IRG Annual Meeting, Istanbul, IRG-WP 08-40418
- Rassam G, Jamnani B (2009) Eco-Friendly Composites from Bagasse and Soy-Based Resin. 40. IRG Annual Meeting, Beijing, IRG-WP 09-40462
- Ritschkoff AC, Rättö M, Nurmi A, Kokko H, Rapp A, Militz H (1999) Effect of Some Resin Treatments on Fungal Degradation Reactions. 30. IRG Annual Meeting, Rosenheim, IRG-WP 99-10318
- Rowell RM, Banks WB (1985) Water Repellency and Dimensional Stability of Wood. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Gen. Tech. Rep. FPL-50, Madison, WI, U.S.
- Rowell RM, Youngquist JA, Montrey HM (1988) Chemical Modification Adding Value Through New FPL Composite Processing Technology. Forest Products Journal 38:67-70
- Sailer M, Rapp AO, Peek RD (1998) Biological Resistance of Wood Treated with Waterbased Resins Resins and Drying Oil in a Mini-Block Test. 29. IRG Annual Meeting, Maastricht, IRG-WP 98-40107
- Sailer M, Rapp AO, Leithoff H (2000) Improved Resistance of Scots Pine and Spruce by Application of an Oil-Heat Treatment. 31. IRG Annual Meeting, Hawaii, IRG-WP 00-40162
- Scholz G, Militz H, Gascón-Garrido P, Ibiza-Palacios MS, Oliver-Villanueva JV, Peters BJ, Fitzgerald CJ (2010) Improved Termite Resistance of Wood by Wax Impregnation. International Biodeterioration and Biodegradation 64: 688-693
- Schulte Y, Donath S, Krause A, Militz H (2004) Evaluation of Outdoor Weathering Performance of Modified Wood. 35. IRG Annual Meeting, Ljubljana, IRG-WP 04-20296
- Schultz TP, Nicholas DD, Shi J (2007) Water Repellency and Dimensional Stability of Wood Treated with Waterborne Resin Acids/TOR. 38. IRG Annual Meeting, Wyoming, IRG-WP 07-40364
- Singh T, Singh AP (2010) Natural Compounds: A Review of Their Use for Wood Protection. 41. IRG Annual Meeting, Biarritz, IRG-WP 10-30545
- Smith WR, Rapp AO, Welzbacher C, Winandy JE (2003) Formosan Subterranean Termite Resistance to Heat Treatment of Scots Pine and Norway Spruce. 34. IRG Annual Meeting, Brisbane, IRG-WP 03-40264
- Spear MJ, Hill CAS, Curling SF, Jones D, Hale MD (2006) Assessment of the Envelope Effect of Three Hot Oil Treatments: Resistance to Decay by *Coniophora puteana* and *Postia placenta*. 37. IRG Annual Meeting, Tromsø, IRG-WP 06-40344
- Suttie E, Thompson JHR (2001) Opportunities for UK Grown Timber: Wood Modification State of the Art Review. DTI Construction Industry Directorate and Forestry Commission, Project Report Number 203-343

- Temiz A, Hafren J, Terziev N (2006) Bezir Yağı ve Borik Asit ile Emprenye Edilen Ağaç Malzemenin Boyutsal Kararlılığı ve Çürüklüğe Karşı Dayanımının Arttırılması. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, Ankara, pp 25-27
- Temiz A, Panov D, Terziev N, Hafren J (2008a) Research on Silicones and Oils as Hydrophobic Agents. In. Proceedings of V Congreso Nacional de Proteccion de la Madera, San Sebastian, pp 75-80
- Temiz A, Alfredsén G, Eikenes M, Terziev N (2008b) Decay Resistance of Wood Treated with Boric Acid and Tall Oil Derivates. Bioresource Technology 99(7): 2102-2106
- Temiz A, Alma MH, Terziev N (2008c) Hydrophobic Characteristics of Pyrolysis Oil. 39. IRG Annual Meeting, Istanbul, IRG-WP 08-30458
- Tjeerdsmá BF, Swager P, Horstman BJ, Holleboom BW, Homan WJ (2005) Process Development of Treatment of Wood with Modified Hot Oil. http://projects.bre.co.uk/ecotan/pdf/E_COTAN_3rdReport_part3.pdf 15 Haziran 2011
- Tomak ED (2011) Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkınmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Treu A, Militz H, Breyne S (2001) Royal-Treatment – Scientific Background And Practical Application. Presentation at COST Action E22 Conference in Reinbek
- Treu A, Lückers J, Militz H (2004) Screening of Modified Linseed Oils on their Applicability in Wood Protection. 35. IRG Annual Meeting, Ljubljana, IRG-WP 04-30346
- Ulvcróna T (2006) Impregnation of Norway Spruce (*Picea Abies* L. Karst.) Wood with Hydrophobic Oil. Ph.D Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences
- Ulvcróna T, Lindberg H, Bergsten U (2006) Impregnation of Norway Spruce (*Picea Abies* L. Karst.) Wood by Hydrophobic Oil and Dispersion Patterns in Different Tissues. Forestry 79(1): 123-134
- URL-1, www.arikoy.com.tr/wp-content/uploads/2010/04/bitkisel-ayk-yadhlr.pdf Sarıyer Belediyesi Atık Yağ Toplama Çalışması.
- URL-2, www.linotech.se/en/file.../17/linogard_folder_148x297_eng2005.pdf Impregnated Wood Environment-Friendly Pressure Impregnation - Free From Toxic Substances.
- Van Acker J, Nurmi A, Gray S, Militz H, Hill C, Kokko H, Rapp A (1999) Decay Resistance of Resin Treated Wood. 30. IRG Annual Meeting, Rosenheim, IRG-WP 99-30206
- Van Acker J (2001) EU research project FAIR CT97-3187: Process Development and Technological Evaluation of Final Products Based on New Methods for Chemical Modification of Solid Wood.
- Van Eckeveld A, Homan WJ, Militz H (2001) Increasing the Water Repellency of Scots Pine Sapwood by Impregnation with Undiluted Linseed Oil, Wood Oil, Cocos Oil and Tall Oil. Holzforschung und Holzverwertung 6: 113-115.
- Van Eckeveld A, Homan W, Militz H (2011) Water Repellency of Some Natural Oils. http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/3wa_terre.pdf (Son Giriş: 07/06/2011)
- Venmálar D, Nagaven HC (2005) Evaluation of Copperised Cashew

- Nut Shell Liquid and Neem Oil as Wood Preservatives. 36. IRG Annual Meeting, Bangalore, IRG-WP 05-30368
- Voda K, Boh B, Margareta-Vrtacnik M, Pohleven F (2003) Effect of the Antifungal Activity of Oxygenated Aromatic Essential Oil Compounds on the White-Rot *Trametes Versicolor* and the Brown-Rot *Coniophora Puteana*. Int. Biodet. and Biodegrad. 51: 51–59
- Voulgaridis E (1988) Protection of Oak Wood (*Quercus conferta* Kit.) from Liquid Water Uptake with Water Repellents. Wood and Fiber Science 20(1): 68-73
- Wang J, Cooper P (2005a) Effect of Oil Type, Temperature and Time on Moisture Properties of Hot Oil-Treated Wood. European Journal of Wood and Wood Products 63 (6): 417-422
- Wang J, Cooper P (2005b) Properties of Hot Oil Treated Wood and the Possible Chemical Reactions Between Wood and Soybean Oil During Heat Treatment. 36. IRG Annual Meeting, Bangalore, IRG-WP 05-40304
- Wang J, Cooper P (2007) Fire, Flame Resistance and Thermal Properties of Oil Thermally treated Wood. 38. IRG Annual Meeting, Wyoming, IRG-WP 07-40361
- Williams RS, Feist WC (1999) Water Repellents and Water Repellent Preservatives for Wood. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–109. Madison, WI: U.S.
- Yang WV, Clausen CA (2007) Antifungal Effect of Essential Oils on Southern Yellow Pine. International Biodeterioration and Biodegradation 59: 302–306
- Yıldız ÜC (1988) Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımının ve Çalışmanın Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.